

CONFOCAL MICROSCOPE

TANAAMI 10/769,017

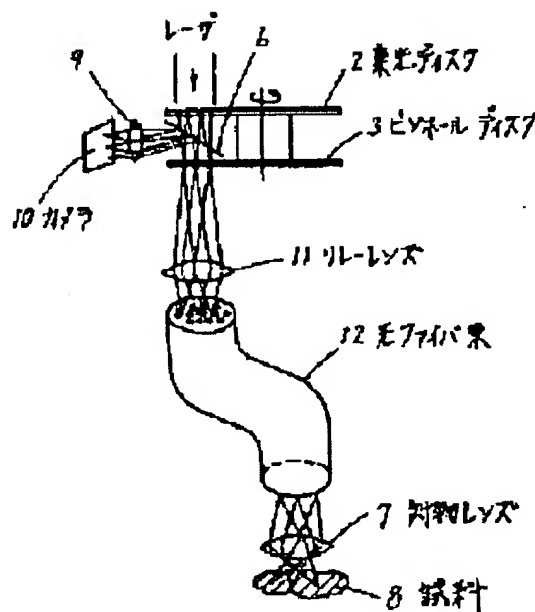
Patent number: JP11133306
 Publication date: 1999-05-21
 Inventor: TANAAMI TAKEO; TERAOKA SUSUMU
 Applicant: YOKOGAWA ELECTRIC CORP
 Classification:
 - International: G02B21/00; G02B26/10
 - european:
 Application number: JP19970296637 19971029
 Priority number(s):

Report a data error here

Abstract of JP11133306

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a confocal microscope constituted so that a sample placed at an optional position can be observed by using an optical fiber bundle.

SOLUTION: The confocal microscope is constituted so that the image on a sample surface can be observed by scanning the sample surface with an optical beam by using a confocal optical scanner. Besides, it is provided with the flexible optical fiber bundle optically coupling between the confocal optical scanner and an objective lens 7. Then, the core diameter of optical fiber constituting the optical fiber bundle is set to be $\geq 1/2$ and \leq double of the diameter of an optical beam irradiating the end surface of the optical fiber bundle from the very small aperture part of the confocal optical scanner.



BEST AVAILABLE COPY

特開平11-133306

(43) 公開日 平成11年(1999) 5月21日

(51) Int. Cl.⁶
G02B 21/00
26/10

識別記号

F 1
G02B 21/00
26/10

Z

審査請求 未請求 請求項の数10 OL (全5頁)

(21) 出願番号 特願平9-296637

(22) 出願日 平成9年(1997)10月29日

(71) 出願人 000006507

横河電機株式会社

東京都武蔵野市中町2丁目9番32号

(72) 発明者 田名網 健雄

東京都武蔵野市中町2丁目9番32号 横河
電機株式会社内

(72) 発明者 寺川 進

浜松市半田町3600 浜松医科大学 光量子
医学研究センター内

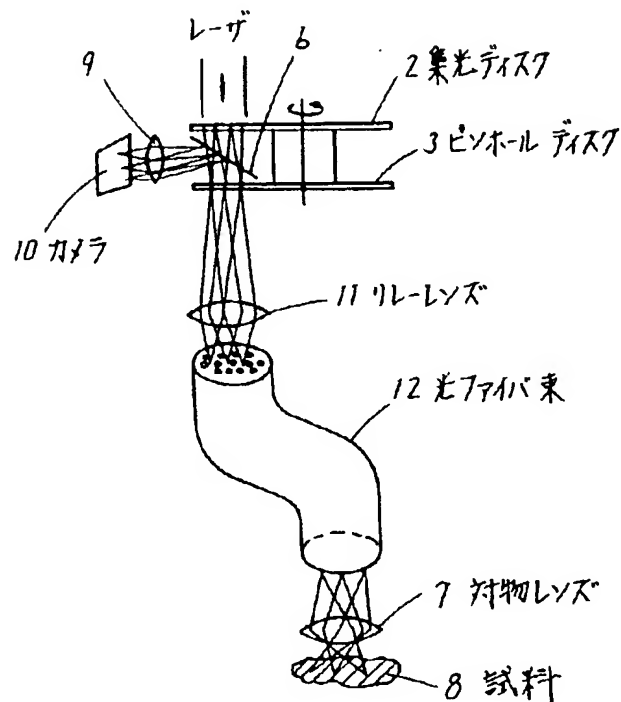
(74) 代理人 弁理士 東野 博文

(54) 【発明の名称】 共焦点顕微鏡

(57) 【要約】

【課題】 光ファイバ束を用い、任意位置の試料を観測することのできる共焦点顕微鏡を実現する。

【解決手段】 共焦点用光スキャナを用い試料面を光ビームで走査し試料面の像を観察することができるようにした共焦点顕微鏡において、共焦点用光スキャナと対物レンズとの間を光学的に結合する可撓性の光ファイバ束を備え、この光ファイバ束を構成する光ファイバのコア径を、前記共焦点用光スキャナにおける微小開口部から光ファイバ束の端面上に照射された光ビーム径の半分以上かつ2倍以下とする。



BEST AVAILABLE COPY

【特許請求の範囲】

【請求項 1】共焦点用光スキャナを用い試料面を光ビームで走査し試料面の像を観察することができるようにした共焦点顕微鏡において、

前記共焦点用光スキャナと対物レンズとの間を光学的に結合する可撓性の光ファイバ束を備え、

この光ファイバ束を構成する光ファイバのコア径を、前記共焦点用光スキャナにおける微小開口部から光ファイバ束の端面上に照射された光ビーム径の半分以上かつ 2 倍以下としたことを特徴とする共焦点顕微鏡。

【請求項 2】前記共焦点用光スキャナは、多数の微小開口部を有するディスクを回転させて光ビームを走査するように構成されたことを特徴とする請求項 1 記載の共焦点顕微鏡。

【請求項 3】前記微小開口部がピンホールまたはスリットであることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の共焦点顕微鏡。

【請求項 4】前記共焦点用光スキャナは前記ディスクの微小開口部に入射する光を集束するマイクロレンズが設置された集光ディスクを備えたことを特徴とする請求項 2 記載の共焦点顕微鏡。

【請求項 5】前記光ファイバ束と試料の間に、ホルダに収納され光軸方向に移動可能な対物レンズを持つことを特徴とする請求項 1 記載の共焦点顕微鏡。

【請求項 6】前記ホルダは、試料と対物レンズの間に、試料と密着可能な光学窓を持つことを特徴とする請求項 1 記載の共焦点顕微鏡。

【請求項 7】前記光ファイバ束には観察用以外の光も同時に入射するようにしたことを特徴とする請求項 1 記載の共焦点顕微鏡。

【請求項 8】前記観察用以外の光は観察用の光と波長が異なる光であることを特徴とする請求項 7 記載の共焦点顕微鏡。

【請求項 9】前記共焦点用光スキャナと光ファイバ束の間にリレーレンズを設け、このリレーレンズと前記光ファイバ束を構成する光ファイバの開口数を実質上等しくしたことを特徴とする請求項 1 記載の共焦点顕微鏡。

【請求項 10】前記共焦点用光スキャナの微小開口部に前記光ファイバの端面を接近して配置したことを特徴とする請求項 1 記載の共焦点顕微鏡。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、共焦点顕微鏡に適用される共焦点用光スキャナ装置に関し、特に光ファイバ束を用いた共焦点用光スキャナ装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来より共焦点顕微鏡に使用される共焦点用光スキャナはよく知られており、例えば本願出願人が出願した特開平 5 - 6 0 9 8 0 号「共焦点用光スキャ

ナ」には、図 1 1 に示すような構成の共焦点光スキャナが記載されている。

【0003】図示の共焦点用光スキャナ 1 では、集光ディスク 2 およびピンホール・ディスク 3 がドラム 4 を挟んで平行に連結され、モータ 5 によって回転するように形成されている。更に、2 つのディスク 2、3 の間にはビームスプリッタ 6 が固定配置されている。

【0004】集光ディスク 2 には複数のマイクロレンズ（例えばフレネルレンズ）が形成され、ピンホール・ディスク 3 には複数のピンホールが形成されており（このようなピンホール・ディスクとしては例えばニポウディスク方式のものがある）、各マイクロレンズの焦点位置に各ピンホールが位置するように 2 つのディスクが連結されている。

【0005】なお、ピンホール・ディスク上の多数のピンホールは、共焦点効果を得るために、互いにピンホール径の 5 ~ 1 0 倍程度離して配置されている（以下ではこのピンホール間のピッチを P とする）。

【0006】集光ディスク 2 に入射するレーザ光はマイクロレンズで絞られ、ビームスプリッタ 6 を透過してピンホールに集光する。ピンホールを通った光は対物レンズ 7 により集光され、試料 8 上に照射される。試料 8 からの戻り光は再び対物レンズ 7 およびピンホール・ディスク 3 を通ってビームスプリッタ 6 で反射され、集光レンズ 9 を介してカメラ 10 に入る。カメラ 10 の受像面（図示せず）には試料 8 の像が結像される。

【0007】このような構成において、集光ディスク 2 とピンホール・ディスク 3 を回転させ、複数のピンホールにより試料 8 面を光走査することにより、カメラ 10 により試料 8 の表面画像を観測することができる。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】ところで、このような従来の共焦点顕微鏡では光スキャナと試料 8 との位置関係が常に固定であり、内視鏡やハンディ顕微鏡等のように任意の位置にある試料を観測できるような構造にはなっていない。共焦点顕微鏡で任意の位置にある試料を観測できれば、極めて便利である。

【0009】本発明の目的は、このような点に鑑み、光ファイバ束を用い、任意位置の試料を観測することのできる共焦点顕微鏡を実現しようとするものである。

【0010】

【課題を解決するための手段】このような目的を達成するために、請求項 1 に記載の発明では、共焦点用光スキャナを用い試料面を光ビームで走査し試料面の像を観察することができるようにした共焦点顕微鏡において、前記共焦点用光スキャナと対物レンズとの間を光学的に結合する可撓性の光ファイバ束を備え、この光ファイバ束を構成する光ファイバのコア径を、前記共焦点用光スキャナにおける微小開口部から光ファイバ束の端面上に照射された光ビーム径の半分以上かつ 2 倍以下としたこと

を特徴とする。

【 0 0 1 1 】

【発明の実施の形態】以下図面を用いて本発明を詳しく説明する。図 1 は本発明の共焦点顕微鏡の一実施例を示す構成図である。図 1 において図 1 1 と同等部分には同一符号を付し、その説明は省略する。

【 0 0 1 2 】図 1 において図 1 1 の構成と異なるところは、共焦点光スキャナ 1 と対物レンズ 7 との間を光ファイバ束による光学的手段で光学的に結合した点である。すなわち、ピンホール・ディスク 3 と対物レンズ 7 の間にリレーレンズ 1 1 と光ファイバ束 1 2 を介在させた点である。

【 0 0 1 3 】さらに詳しく述べると次の通りである。光ファイバ束 1 2 は複数の光ファイバ（これら光ファイバの一つ一つは、コアとその周囲を覆うクラッドから成る）を束ねたものであり、光ファイバ束の両端面のコア配置は鏡面対象となるように束ねられている。更にこの光ファイバは、中間部が変形自在で、適宜に撓めることのできるいわゆる可撓性のファイバである。

【 0 0 1 4 】この光ファイバ 1 2 は、その端面が、ピンホール・ディスク 3 から出射された光がリレーレンズ 1 1 によって結像する面（結像面）と一致する位置に固定配置される。また光ファイバ 1 2 の下端面も対物レンズ 7 の焦点位置に来るように固定配置される。

【 0 0 1 5 】ピンホール・ディスク 3 を回転させ光ビームを走査すると、光ファイバ束 1 2 を伝わって下端面から同様に走査される光ビームが出射される。出射した光ビームは対物レンズ 7 を透過して試料 8 面を走査する。

【 0 0 1 6 】なお、光ファイバ束のコア径 c は、光ファイバ束端面上に照射された光のビーム径 a とほぼ等しいことが必要である。その理由を以下に述べる。

【 0 0 1 7 】 $a > c$ であると、図 2 に示すように同時に複数のコアに光ビームが照射される。光ファイバ束端面では必ず図 3 に示すように発散光となっていることを考慮すると、図 4 に示すように試料 8 が焦点面にあるときも、図 5 に示すように試料 8 が焦点面から外れている場合でも、共焦点光スキャナでは端面 α に対してのみ共焦点スライス効果があるため同様に画像が得られてしまう。つまり、試料 8 に対しては共焦点のスライス像が得られないことになる。

【 0 0 1 8 】光ビーム径 a とコア径 c がほぼ等しければ、図 6 に示すように光ファイバにはピッチ P だけ離れたコアにしか光が照射されず、また受光側にも戻らない。つまり、光ファイバのコアがピンホールと同等の働きをすることになる。コア径 c が光ビーム径 a より大幅に大きいと、図 7 に示すように複数の光ビームが同一のコアに入ってしまうため、やはり共焦点効果が得られない。結局、共焦点の効果を得るためには、 $0.5a \leq c \leq 2a$ 程度が限界である。

【 0 0 1 9 】このような構成においては、従来と同様に

集光ディスク 2 に入射するレーザ光はマイクロレンズで絞られ、ビームスプリッタ 6 を透過してピンホールに集光する。ピンホールから出射された光はリレーレンズ 1 1 を経由して光ファイバ 1 2 の端面上に集束する。光ファイバ 1 2 の下面からはピンホールからと同等の光ビームが出射され、対物レンズ 7 に入射する。

【 0 0 2 0 】対物レンズ 7 を通った光ビームは試料 8 面に集束する。試料 8 面からの戻り光は対物レンズ 7 を通って光ファイバ 1 2 の下面に結像し、その像は光ファイバ 1 2 の上端に伝わる。すなわち、試料 8 面の像は光ファイバ 1 2 の上端面に現れ、この像はリレーレンズ 1 1 を介してピンホール面に結像する。

【 0 0 2 1 】その後は従来と同様に、ビームスプリッタ 6 で反射され、集光レンズ 9 を介してカメラ 1 0 に入る。このような構成によれば、光ファイバ 1 2 が自在に変形できるため、光スキャナに対して試料 8 を任意の位置関係で観測することができる。

【 0 0 2 2 】なお、以上の説明は、本発明の説明および例示を目的として特定の好適な実施例を示したに過ぎない。したがって本発明は、上記実施例に限定されことなく、その本質から逸脱しない範囲で更に多くの変更、変形をも含むものである。

【 0 0 2 3 】例えば、スキャナ側の微小開口部はピンホールではなく、スリットでもよい。このとき、上記コア径の制限は開口部の最小寸法であり、共焦点効果を生じるスリット幅 b に対して必要条件となる。

【 0 0 2 4 】また、光軸方向のスライス画像を得る部位を変えるには、例えば図 8 に示すように、光ファイバ束 1 2 の下端部に例えば円筒形のホルダ 2 1 を取り付け、このホルダ 2 1 内に対物レンズ 7 を光軸方向に動かす手段、例えばアクチュエータ 2 2 を設ける等が有用である。このような機構によれば、容易にスライス画像を得る部位を微妙に変えることができる。

【 0 0 2 5 】なお、アクチュエータとしてはピエゾ素子や電磁式でもよく、駆動信号は光ファイバと同軸に組み込んだ電線で供給するのが望ましい。なお、共焦点で高倍率観察を行う場合は、図 8 に示すようにホルダ 2 1 の先端に光が透過できるガラス等の材料で形成された窓 2 3 を設け、それを試料（患部等）に押し当てて光走査を行えば安定な測定が可能となる。

【 0 0 2 6 】また、癌等は蛍光試薬が集中しやすく、患部をレーザ光で焼くことが行われている。このためには前記観察用のレーザ光以外に図 9 に示すような治療用のレーザ光 2 4 を光ファイバ束と同軸で導入することができる。両者の波長を変え、観察側では治療用のレーザ光をフィルタでカットするようにしておけば、治療しながら観察することもできる。なお、癌細胞は表層から数層内部にある場合があり、共焦点スライスは大変有効である。

【 0 0 2 7 】また、本発明は内視鏡だけでなく、携帯型

の顕微鏡でも有用である。また、ファイバを照明する開口数 (NA) はファイバ NA に近い方が照射効率および出射効率が良くなる。更にまた、図 10 に示すように、ピンホール・ディスク 3 と光ファイバ 1 2 の間のリレーレンズを無くし、ピンホールに光ファイバ束を近接させ、ピンホール出射光のビームが広がらないうちに光ファイバへ入射するような構成としてもよい。リレーレンズが不要となった分安価になる利点がある。

【0028】なお、以上の説明は、本発明の説明および例示を目的として特定の好適な実施例を示したに過ぎない。したがって本発明は、上記実施例に限定されることなく、その本質から逸脱しない範囲で更に多くの変更、変形をも含むものである。

【0029】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば次のような効果がある。

(1) 請求項 1 に記載の発明では、まず、可撓性の光ファイバ束で共焦点用光スキャナと対物レンズとの間を光学的に結合したため、光スキャナ部の配置位置に関係なく任意位置の試料を容易に観測することができる。更に、この光ファイバ束を構成する光ファイバのコア径を光ビーム径の半分以上かつ 2 倍以下としたことにより共焦点効果が得られ、試料の共焦点スライス像を容易に得ることができる効果がある。

【0030】(2) 請求項 2 に記載の発明では、共焦点光スキャナにより多数の微小開口部を有するディスクを回転させることにより光ビーム走査を容易に実現できる。

(3) 請求項 3 に記載の発明では、請求項 2 に記載の微小開口部をピンホールまたはスリットに限定し、試料面の像の分解能を高めている。

【0031】(4) 請求項 4 に記載の発明では、集光ディスクにマイクロレンズを配設して微小開口部へ入射する光を集束し、光の利用効率を高めている。

(5) 請求項 5 に記載の発明では、光ファイバ束と試料の間の対物レンズを光軸方向に移動可動に形成し、光軸方向の焦点位置を可変とした。これにより光ファイバ束による位置調節では困難であった試料のスライス面の深さ方向の調節が容易となり、また微妙に調節することもできるようになった。

【0032】(6) 請求項 6 に記載の発明では光ファイバ束と試料の間に置かれた対物レンズを保持するホルダの先端に試料と密着可能な光学窓を備え、試料に密着した安定な観察を保証している。

(7) 請求項 7、8 に記載の発明では、光ファイバ束には観察用以外の光 (例えば観察用の光とは波長の異なる治療用レーザ光等) も同時に入射するようにし、治療と観察を同時に行うことができるようにしている。

【0033】(8) 請求項 9 に記載の発明では、共焦点用光スキャナと光ファイバ束の間にリレーレンズを設け、このリレーレンズと光ファイバの開口数を実質上等しくする。これにより照射効率および出射効率を良くなる。

(9) 請求項 10 に記載の発明では、共焦点用光スキャナの微小開口部に光ファイバの端面を接近して配置し、請求項 1 に記載のリレーレンズを不要としたもので、請求項 1 の発明に比してより安価な共焦点顕微鏡を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明に係る共焦点顕微鏡の一実施例を示す構成図である。

【図 2】 コア径と光ビーム径の関係を説明するための図である。

【図 3】 光ファイバ束端面での発散光の例示的説明図である。

【図 4】 試料が焦点面にある場合の説明図である。

【図 5】 試料が焦点面から外れている場合の説明図である。

【図 6】 光ビーム径とコア径との関係を説明するための他の説明図である。

【図 7】 光ビーム径とコア径との関係を説明するための更に他の説明図である。

【図 8】 光ファイバ束の下端部の一例を示す構成図である。

【図 9】 光ファイバ束に 2 つの光を同軸で導入する場合の説明図である。

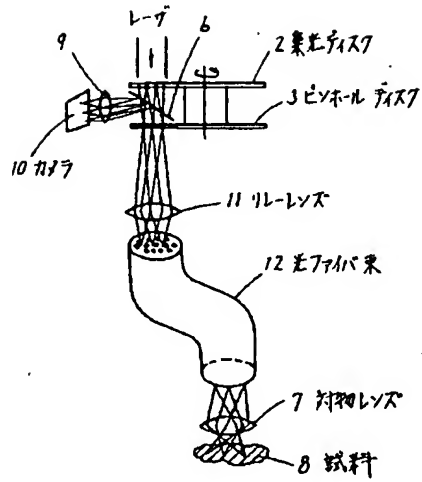
【図 10】 ピンホールに光ファイバ束を近接させる場合の一実施例を示す構成図である。

【図 11】 従来の共焦点用光スキャナの一例を示す構成図である。

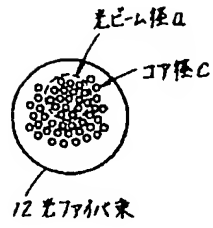
【符号の説明】

- 1 共焦点用光スキャナ
- 2 集光ディスク
- 3 ピンホール・ディスク
- 4 ドラム
- 6 ビームスプリッタ
- 7 対物レンズ
- 8 試料
- 9 集光レンズ
- 10 カメラ
- 11 リレーレンズ
- 12 光ファイバ束
- 21 ホルダ
- 22 アクチュエータ
- 23 窓

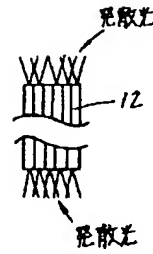
【図 1】



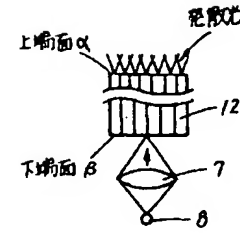
【図 2】



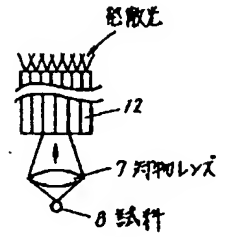
【図 3】



【図 4】



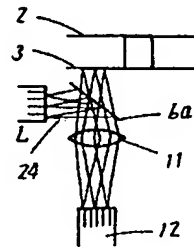
【図 5】



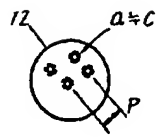
【図 10】



【図 9】



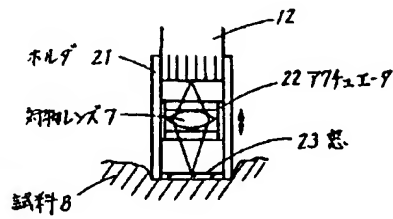
【図 6】



【図 7】



【図 8】



【図 11】

